

KONEHALLIN SÄHKÖISTYS

Stenudd Aleksi

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkövoimatekniikka
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkövoimatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Aleksi Stenudd	Vuosi	2018
Ohjaaja	Ins. (AMK) Marko Kukkola		
Toimeksiantaja	StenMilk Oy		
Työn nimi	Konehallin sähköistys		
Sivu- ja liitesivumäärä	39 + 8		

Opinnäytetyön aiheena oli uuden konehallin sähköistys kokonaisuudessaan suunnittelusta toteutukseen. Konehalli tehtiin StenMilk Oy:n tilalle. Tavoitteena oli saada aikaan järkevät sähkötekniilliset ratkaisut, jossa on otettu huomioon käyttömukavuus, taloudellisuus ja turvallisuus. Konehalli on tarkoitettu maataloudessa tarvittavien koneiden ja laitteiden varastointiin ja huoltoon.

Sähkösuunnittelussa käsiteltiin erilaisia kokonaisuuksia sekä tehtiin lämmityksen tehovertailua ja valaistuslaskentaa sekä tarvittavat mitoitus ja dokumentit. Työssä käytettiin ammattikäyttöön tarkoitettuja ohjelmia ja sovelluksia, jotka helpottivat suunnittelutyötä ja kokonaisuuksien hahmottamista.

Lopputulos oli asianmukainen, nyt tilan pihalla on halli, jossa koneiden huollot ja varastointi onnistuu tilojen ja sähköistyksen puolesta vaivattomasti.

Avainsanat

suunnittelu, valaistus, lämmitys

Technology, Communication and Transport
Electrical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Aleksi Stenudd	Year	2018
Supervisor	Marko Kukkola, BEng		
Commissioned by	StenMilk Oy		
Subject of thesis	Electrification of the machinery hall		
Number of pages	39 + 8		

The subject of the thesis was the electrification of a new machinery hall in its entirety from planning to fulfillment. The machinery hall was built in the farm of StenMilk Oy. The goal was to make rational electrotechnical decisions that pay attention to comfort, economic efficiency and safety. The machinery hall is meant to stock and maintain machines needed in agriculture.

The electrical wiring design dealt with different sorts of entities. There were power comparisons of heating, lighting calculation and necessary dimensioning and documents, too. Professional programs and applications were used in the work that helped planning and perceiving things on a bigger scale.

The result was appropriate, now there is the hall on the yard, where machine maintenance and stocking work effortlessly because of the premises and electrification.

Keywords: planning, lighting, heating

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 SUUNNITTELU.....	7
2.1 Sähköasennusmääräykset.....	7
2.2 Sähköpisteet.....	8
2.3 Valaistuksen suunnittelu	8
2.4 Liittymän mitoitus	11
2.4.1 Tehon tarve	11
2.4.2 Pääsulakkeen valinta	12
2.4.3 Syöttöjohdon valinta	13
2.5 Yleiskaapelointi.....	16
2.6 Kameravalvontajärjestelmä.....	16
2.7 Murtohälytysjärjestelmä	17
3 LÄMMITYKSEN TEHOVERTAILU.....	18
3.1 Lämmityksen vaikutus sähköistykseen	21
3.2 Lämmityskustannukset	21
4 SÄHKÖASENNUKSET	23
5 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS.....	26
5.1 Aistinvarainen tarkistus	26
5.2 Käyttöönottomittaukset	27
5.2.1 Suojajohtimen jatkuvuus	28
5.2.2 Eristysresistanssin mittaus	28
5.2.3 Syötön automaattisen poiskytkennän mittaus	29
5.2.4 Vikavirtasuojan toiminnan testaus	30
5.2.5 Kiertosuunnan mittaus.....	30
5.2.6 Käyttöönottotarkastuksen dokumentointi.....	31
6 DOKUMENTOINTI.....	32
6.1 Suunnitteludokumentointi.....	33
6.2 Loppudokumentointi	34
7 HUOLTO- JA KUNNOSPITO.....	35
8 POHDINTA.....	36

LÄHTEET	37
LIITTEET	39

1 JOHDANTO

StenMilk Oy on kasvava maidontuottajatalo, jonka tavoitteena on tuottaa lähivuotuisina 2 miljoonaa litraa maitoa vuodessa. Maataloudessa tarvitaan paljon koneita ja laitteita peltojen viljelyyn sekä muihin maatilan töihin. Tämä taas johtaa siihen, että tarvitaan koneiden ja laitteiden säilytys- ja huoltotiloja.

Syksyllä 2016 tehtiin päätös uuden konehallin rakentamisesta. Koneiden korjaaminen vesisateessa ei enää tuntunut mukavalta. Nyt maatilan pihalla on 450 m² kokoinen halli, jonka sisäkorkeus on 5 metriä. Lämmintä verstaalia hallista on 300 m².

Opinnäytetyön aiheena oli uuden konehallin sähköistys kokonaisuudessaan suunnittelusta toteutukseen. Olen ollut rakennusurakassa mukana pohjatöistä lähtien, puuelementtien teossa ja pystytyksessä sekä kattorakenteiden asennuksessa. Tässä projektissa sain hyvän kokonaiskuvan rakentamisesta ja siitä, mitä tulee ottaa huomioon rakennusvaiheessa sähköistystä ajatellen.

Henkilökohtaisena tavoitteena oli siirtää teoriassa opitut asiat käytäntöön sekä kehittää sähkötekniikan tietotaitosaamistani.

2 SUUNNITTELU

Sähkösuunnittelu toteutettiin CADS17-Planner Electric-ohjelmistolla. Ohjelmaa on käytetty myös koulun muissa suunnittelutehtävissä, joten sen käyttö ei tuottanut ongelmia. CADS-ohjelmisto on suomalaisen Kymdata Oy:n tuotos, joka on kehittänyt toimialakohtaisia CADS-ohjelmistoja yli 30 vuoden ajan, CADS Electric sähkö- ja automaatio-suunnitteluun, CADS Hepac LVIA-suunnitteluun sekä CADS House arkkitehti- ja rakennesuunnitteluun.

2.1 Sähköasennusmääräykset

Sähköasennuksia suunniteltaessa ja tehdessä tulee ottaa huomioon laissa asetetut lait ja määräykset. Lähtökohtaisesti määräykset pohjautuu sähköturvallisuuslakiin. Sähkölaitteita ja -laitteistoja koskevat yleiset vaatimukset.

”Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensa mukaisesti niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti;

(Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 1:1.6 §).”

Pienjänniteasennuksia koskevat standardit löytyvät SFS 6000 julkaisuista. Se on julkaistu kahtena erillisenä käsikirjana suuren sivumäärän takia. Sähkötyöturvallisuutta koskevat olennaiset vaatimukset täyttyvät, kun sähköalan töissä noudatetaan standardia SFS 6002. Standardeja täydentävät muut ohjejulkaisut, esimerkiksi D1-2017 on erinomainen kirja siihen. Kattavin sähköasennusalan ohjeista on Sähkötieto ry:n julkaisema ST-kortisto. (Tiainen 2017, 8)

2.2 Sähköpisteet

Jokainen kiinteistö ja sen tilat ovat yleensä muodoltaan, rakenteeltaan kuin käytöstäänkin yksilöitä ja niiden sähköistystarpeet vaihtelevat suuresti. ST-kortistossa on erilaisille tiloille kerrottu asennusstandardeja ja vaatimuksia. ST 51.22:ssa on kerrottu kytkimien ja pistorasioiden sijoittelusta.

Sähköpisteiden suunnittelussa on selvitettävä vähintään tilojen käyttötarkoitus, kiinteiden sähkölaitteiden teho, sijainti ja ohjaustarpeet, sähkölämmitystarpeet, tilojen valaistusratkaisut, pistorasiatarpeet, tilojen rakenteet, johtoreitit, pinnoitteet, laajennus ja muutostarpeet. Sähkölaitteiden sekä johtojen asennustapaan ja sijoitukseen vaikuttavat tilan rakenteet, visuaalinen ilme, huollettavuus, muutostarpeet ja asennuksen joustotarpeet.

Sähköpisteiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon erilaisille tiloille asetetut sijoitus-, turvallisuus- ja suojausvaatimukset. Tässä tapauksessa tulee huomioida IP-luokitus ja laitteiden sijoittelun turvallisuus.

Konehallin sähköpisteitä suunniteltiin käyttötarpeiden mukaan. Hallissa tulee olemaan paljon erilaisia sähkökäyttöisiä työkaluja, joten riittävä määrä 1- ja 3-vaihepistorasioita helpottaa niiden käyttöä. Tarkoituksena olisi, että jatkojohtoa ei tarvitsisi käyttää.

Valaistuksessa on otettava huomioon valomäärän tasaisuus joka tilanteessa. Isojen ja korkeiden koneiden sisälle tuonti peittää katosta tulevaa valoa. Suunnittelua ja kuvien piirtoa helpotti tiedossa olevat kiinteät laitteet sekä työpöytien sijainnit. Liitteessä 1 nähtävissä hallin sähköpisteet.

2.3 Valaistuksen suunnittelu

Konehallin valaistusta suunniteltiin käyttötarpeiden mukaan. Hallissa on kaksi eri tilaa, kylmä varastotila sekä lämmin korjaamotila. Varastotilaan riittää pelkkä yleisvalaistus. Korjaamotilassa täytyy olla riittävän yleisvalaistuksen lisäksi työpisteisiin kohdevalaisimia, jotta töitä voidaan tehdä turvallisesti. Ulos asennetaan tarvittava yleisvalaistus.

Koska kyseessä on korjaamotila, valaistuksen määrä ja kohde vaihtelee riippuen huollettavasta laitteesta. Tästä johtuen työpisteen lopullinen valaistus suoritetaan tarvittaessa siirrettävillä työvalaisimilla.

Suomen Valoteknillisen Seuran julkaisussa nro 9 / 1986 on esitetty laajat suositukset eritiloihin. Tiivistettynä valaistussuositukset voidaan esittää alla olevan taulukon 1 mukaisesti. Taulukon arvot ovat yleisvalaistuksen arvoja, jotka perustuvat näkötehtävien vaatimuksiin, näkömukavuuteen, turvallisuuteen, taloudellisuuteen ja käytännön kokemukseen.

Taulukko 1. Valaistussuositukset eri tarkoituksiin (Suomen Valoteknillinen Seura, 1986).

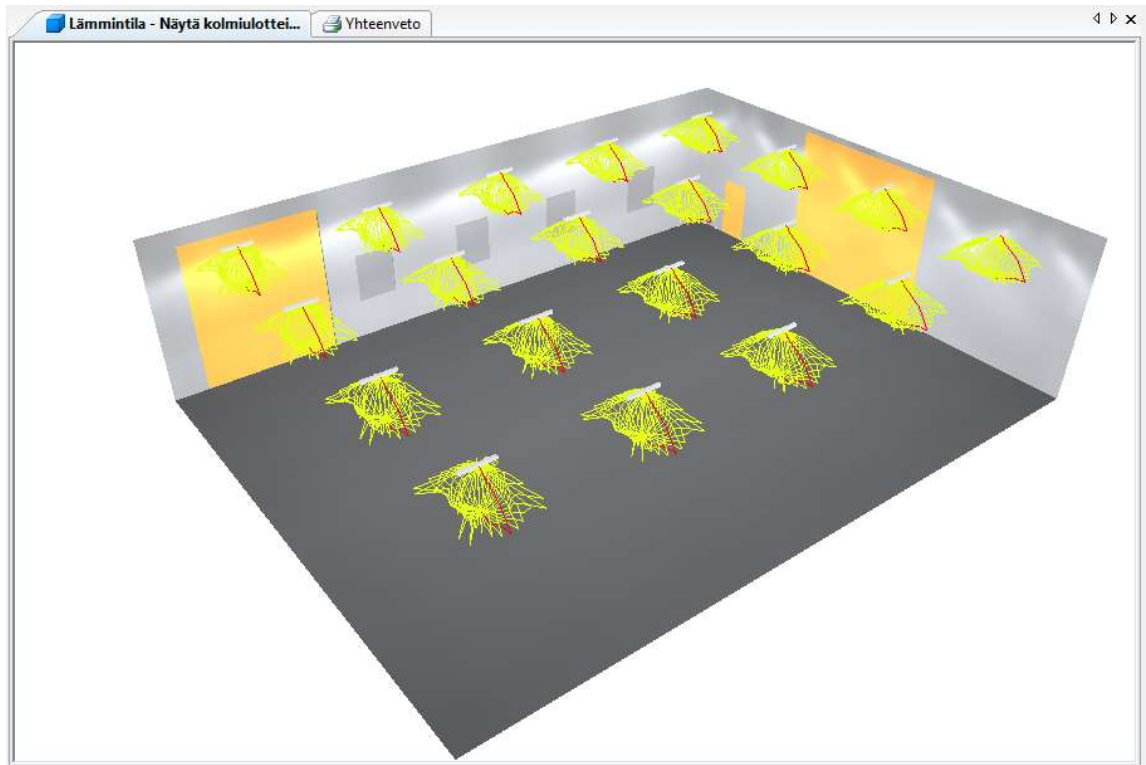
Suosittelava valaistusvoimakkuus (lx)	Tila tai työskentelyolosuhde	Esimerkkejä
20...30...50 50...75...100	Ulkotyöaluiden yleisvalaistus Kulkuväylät, lyhytaikainen oleskelu	
100...150...200	Tilat, joita ei käytetä jatkuvasti työskentelyssä	Eteiset, aulat, käytävät, varastot,
200...300...500	Yksinkertaisten näkötehtävien tilat	Paperikonesalit, maalaamot, karkea kone- ja penkkityö
300...500...750	Kohtuullista tarkkuutta vaativien näkötehtävien tilat	Toimistot, luokkahuoneet, laboratoriot,
500...750...1000	Tarkkuutta vaativat näkötehtävät	itsepalvelumyymälät Pankkien asiakaspalvelu, avotoimistot, melko tarkka kone- ja penkkityö mm
750...1000...1500	Suurta tarkkuutta vaativat näkötehtävät	automaattikoneet, valvomot Tarkkuutta vaativa
1000...1500...2000	Erittäin suurta tarkkuutta vaativat näkötehtävät	toimistotyö, värintarkastus Värintarkastus, värinmäärittely, tarkka kone- ja penkkityö, tarkka
1000... 2000...3000	Pitkäaikaiset erittäin vaativat näkötehtävät	piirustustyö Mikroelektronikka, käsinkaiverrus, mikroskopointi,

Taulukosta 1 nähdään heti suuntaa antavia valaistusvoimakkuuksia, joita konehalliin tarvitaan. Kylmän varastotilan valaistukseen riittää 100 luksin yleisvalaistus. Lämmin korjaamotila vaatii vähintään 200 luksin yleisvalaistuksen lisäksi 500 luksin työpistevalaistuksen.

Valaistuksen suunnitteluun ja laskentaan käytettiin DIALux 4.13 versiota. En ole aikaisemmin valaistussuunnitteluohjelmia käyttänyt, joten ensin täytyi tutustua

ohjelman käyttöön. Yllätyin kuinka monipuolinen ja helppokäyttöinen ohjelma DIALux on.

Alle olevassa kuvassa 1 on havainnollistettu konehallin lämpimän osan yleisvalaistus. Liitteessä 5 on lämpimän tilan yhteenveto valaistuksesta, ja siitä löytyy muun muassa pohjapiirros, sekä minimi- ja maksimivalotehot.



Kuva 1. DIALux 4.13 ohjelmalla tehty valaistussuunnitelma

2.4 Liittymän mitoitus

Liittymän mitoituksen lähtökohtana on tietää tarvittava tehon määrä, jonka perusteella valitaan pääsulakekoko sekä liittymiskaapeli.

2.4.1 Tehon tarve

Uusien kohteiden tehontarve on tärkeä mitoittaa jo ennen rakennusurakan aloittamista. Pohjatöitä tehdessä on kohteeseen tuotava liittymiskaapeli, jonka koko määräytyy tehontarpeen mukaan. Liittymän mitoitus on tehtävä huolella, koska poikkipinnaltaan liian pieni syöttökaapeli on kallis vaihtaa jälkeinpäin isompaan ja liian suuri kaapeli taas kasvattaa rakennusvaiheen kustannuksia.

Sähköliittymän hinta määräytyy pääsulakekoon mukaan, joten myös pääsulakkeen oikea mitoitus on tärkeä. Pääsulakkeen muuttaminen yhtä sulakekoko isommaksi voi nostaa sähköliittymän hintaa yli 100 A:n sulakkeilla jopa tuhansia euroja. Liian pieni sulake taas palaa, varsinkin sähkölämmityskohteissa, kovimilla pakkasilla, kun lämpöä tarvitaan eniten.

Konehallin tehontarve määräytyy pitkälti siitä, mitä laitteita siellä käytetään. Valaistus toteutetaan led-tekniikalla, joten se on aika pieni sähkönkuluttaja. Yleisvalaistuksen, kohdevalaisimien ja ulkovalaistuksen yhteisteho on noin 1,5 kW. Lämmitys toteutetaan hakelämmitysjärjestelmällä, jonka sähkönkulutus muodostuu kahdesta siirtoruuvista, kahdesta tulipesän ilmanpuhaltajasta ja järjestelmän vesikiertopumpuista ollen noin 2,5 kW. Halliin ei tule IV-konetta, vaan ilmanvaihto toteutetaan neljällä Vilpe E190 huippuimurilla, joiden teho yhteensä on 232 W ja korvausilmaventtiileillä.

Alla olevassa taulukossa 2 on lueteltu sähkökäyttöisten työkalujen tehot.

Taulukko 2. Sähkökäyttöisten työkalujen tehot

Laite	Huipputeho
Plasmaleikkuri	15 kW
Paineilmakompressori	4 kW
Hitsauskone	5 kW
Vannesaha	1,5 kW

Pylväsporakone	1,5 kW
Käsitökaluja	0,5-1,5 kW

Mitoitusteho (P_{\max}) tarkoittaa yleensä huipputehoa 15 min tai 60 min laskentajaksolta. Huipputeho määritellään kokemusperäisesti tai erilaisilla laskentamalleilla. Mitoitettavaa huipputehoa määritettäessä tulee huomioida varaus tulevaisuuden kuormituksen kasvulle. (Sähkötieto ry 2015)

Huipputeho saadaan kokemusperäisesti tietoon. Tehon tarve on huipussaan, kun plasmaleikkuria käytetään. Leikkuria käytettäessä hitsauskonetta tai kompressorin ei käytetä. Huipputeho voidaan määrittää laskemalla plasmaleikkurin tehon päälle valaistus, huippuimurit ja pari käsikäyttöistä sähkötyökalua, eli arvioidun tehon laskentakaava voidaan muodostaa summan avulla.

$$15\text{kW} + n.1,5\text{kW} + 0,23\text{kW} + 3\text{kW} = n.20\text{ kW}.$$

2.4.2 Pääsulakkeen valinta

Liittymisjohdon mitoitusvirta (I_{\max}) saadaan laskemalla rakennuksen huipputehon (P_{\max}) ja tehokerroimen ($\cos\varphi$) avulla kaavalla 1. Liittymän pääsulakkeeksi valitaan mitoitusvirran (I_{\max}) arvoa seuraava isompi sulakekoko. (Sähkötieto ry 2015)

$$I_{\max} = \frac{P_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_p \cdot \cos\varphi} \quad (1)$$

missä

P_{\max}	on	liittymisjohdon mitoitus-teho (kW)
I_{\max}	on	liittymisjohdon mitoitus-virta (A)
U	on	verkon pääjännite (0,4 kV)
$\cos\varphi$	on	kuormituksen perusaallon (50 Hz) tehokerroin

(Sähkötieto ry 2015)

Tästä saadaan laskettua mitoitusvirta kaavalla 1.

$$I_{\max} = 20\text{ kW} / (\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,85) = 33,96\text{ A}$$

Pääsulakkeeksi valitaan mitoitusvirtaa suurempi sulakekoko eli 35 A.

2.4.3 Syöttöjohdon valinta

Kun on saatu selville pääsulakkeen koko, voidaan valita ja mitoittaa liittymisjohto. Yleisimmin käytetty maahan asennettava liittymiskaapeli on neljäjohtiminen AXMK-tyypin kaapeli. Rakennuksen liittymisjohtoa valittaessa on huomioitava kuormitusvirran suuruus, kaapelin oikosulkuvirran kestävyys, oikosulkuvirran riittävyys rakennuksen sähköverkossa syötön nopean poiskytkennän varmistamiseksi, jännitehäviöt ja elinkaarikustannukset. Myös PEN-johtimen 3. yliaallon vaikutukset täytyy ottaa huomioon, jos sähköverkkoon tullaan liittämään 3. yliaaltoja tuottavia laitteita. (Sähkötieto ry 2015)

Yliaalloilla ei ole käytännössä vaikutusta tämän kohteen liittymisjohdon mitoittamiseen.

Liittymisjohdon vähimmäiskuormitettavuus saadaan liittymän pääsulakkeen nimellisvirtaa vastaavan virta-arvon kohdalta taulukosta 2. Johtimen poikkipinta-alaksi valitaan taulukosta 3 johdon vähimmäiskuormitettavuutta seuraava isompi virta-arvo asennustavan mukaisesta sarakkeesta.

Taulukko 3. Johtojen pienimmät kuormitettavuudet käytettäessä gG-sulaketta yli-kuormitussuojana. (Tiainen 2017, 43.1)

gG-sulakkeen nimellisvirta [A]	Johdon kuormitettavuus oltava vähintään [A]
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883
1000	1103
1250	1379

Taulukko 4. Johtojen kuormitettavuudet (A) eri asennustavoilla. (Tiainen 2017, 52.1)

Johtimen poikkipinta-ala [mm ²]	SFS 6000:n mukaiset asennustavat			
	A uppo	C pinta	D maa	E ilma
Kupari				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208
95	159	236	285	252
120	182	274	325	292
150	208	317	370	338
185	236	361	420	386
240	278	427	480	456
300	316	492	550	527
Alumiini				
16	43	62	78	65
25	56	77	100	83
35	69	95	125	102
50	83	117	150	124
70	104	148	185	159
95	125	180	220	194
120	143	209	255	225
150	164	240	280	260
185	187	274	330	297
240	219	323	375	350
300	257	372	430	404

Taulukosta 3 nähdään, että 35 A:n gG-sulakkeella täytyy olla vähintään 39 A:n kuormitettavuus ja sen seurauksena taulukosta 4, että maahan asennettavaksi sopivan alumiinijohtimisen kaapelin johdin poikkipinnaksi riittäisi 16 mm², mutta sähköjakeluverkon liittymiskaapeli poikkipinnat alkavat minimissään 25 mm:n kokoluokasta. Kuparikaapeliksi sopivin olisi 4 mm² kaapeli, mutta yleisemmin käytetään 6 mm² kaapelia, koska sen käyttömahdollisuudet ovat laajemmat.

2.5 Yleiskaapelointi

Yleiskaapelointi on toimitilakiinteistön peruskaapelointi, joka soveltuu erilaisiin käyttötarkoituksiin, kuten datasiirtoon, puheensiirtoon sekä erilaisten turvallisuusjärjestelmien tiedonsiirtotarpeisiin. Kaapelointi luo perustan sille, mitä tietoliikennejärjestelmiä ja -palveluja kiinteistössä voidaan toteuttaa.

Yleiskaapelointi on tarkoituksenmukainen ja tehokas tapa toteuttaa kiinteistön tietoliikennekaapelointi. Se on järjestelmäriippumaton kaapelointiratkaisu, jota voidaan muunnella joustavasti tarpeiden muuttuessa. Yleiskaapelointijärjestelmät ovat standardoituja niin kansainvälisellä kuin kansallisella tasolla. (Sähköala 2018.)

Tässä projektissa yleiskaapelointia ei toteuteta, johtuen hallin käyttötarkoituksesta. Tarvittava datasiirto saadaan mobiililaitteiden avulla.

2.6 Kameravalvontajärjestelmä

Kameravalvonnalla on keskeinen tehtävä kiinteistön turvallisuuden varmistamisessa. Jo pelkkä kameroista tiedottaminen ja niiden näkyminen vaikuttavat ennaltaehkäisevästi esimerkiksi ilkivaltaan ja varkauksiin.

Kiinteistön kameravalvonnan suunnittelussa täytyy selvittää, kuinka tarkkaa kuvaa tarvitaan, kuvauskohteen valaistuksen teho, kameroiden sijainti sekä kuvattun kuvan tallennustapa. Nämä asiat vaikuttavat valvontajärjestelmän hintaan. (AM Security Oy 2012.)

Konehalliin sopiva valvontakamerajärjestelmä olisi asentaa kamerat pohjois- ja itäseinälle, jossa sijaitsee myös käyntiovet. Suunta on myös oletettu tulosuunta. Lisäksi yksi kamera sisätiloihin, jolla voidaan kiinnittää huomiota työturvallisuuden sekä mahdolliseen murtoon ja varkauksiin.

Konehallin ulkovalot ovat liiketunnistimilla, joten kuvaus ei tapahdu pimeässä. Tämä parantaa kuvanlaatua.

2.7 Murtohälytysjärjestelmä

Murtohälytys perustuu rikosilmoitinjärjestelmän toimintaan, yleensä jonkin ilmaimen havaitsemaan poikkeamaan, kuten esimerkiksi lämpöön, liikkeeseen, ääneen, tärinään tai näiden yhdistelmiin ja rikosilmoitinjärjestelmän välittämään tietoon, murtohälytykseen. Murtohälytys tarkoittaa lähtökohtaisesti äänetöntä hälytystä joka aiheutuu esimerkiksi siitä, kun murtovaras tunkeutuu rikosilmoitinjärjestelmällä valvottuun kohteeseen.

Murtohälytyksen vastaanottaa ennalta määrätty taho. Näitä voivat olla esimerkiksi vartiointiliike, hätäkeskus tai muu taho, kuten tässä tapauksessa osakeyhtiön omistajat. Murtohälytys välittyy vastaanottajalleen rikosilmoitinjärjestelmän avulla puhelimen välityksellä. Murtohälytyksen kuittaa yleensä käyttölaitteelta järjestelmän käyttäjä. (Verisure Oy 2018.)

Konehalliin sopiva murtohälytysjärjestelmä olisi asentaa ikkunoihin tunnistimet, joka havaitsee lasin rikkoutumisen ja ikkunan epätavallisen tärinän. Lisäksi isoihin taitto-oviin ja käyntioveen tunnistimet, joka havaitsee murtautumisen. Jonkin tunnistimen havahtuminen lähettää hälytyksen vastaanottajien puhelimeen.

3 LÄMMITYKSEN TEHOVERTAILU

Konehallin lämmitys on toteutettu vesikiertoisella lattialämmityksellä. Vesi saa lämpöenergian maatilán pihalla olevasta hakekeskuksesta. Tämä pienentää ison hallin lämmityskustannuksia verrattuna suoraan tai osittaiseen sähkölämmitykseen.

Hakelämmitysjärjestelmä koostuu hakesäiliöstä, siirtoruuveista ja tulipesästä. Siirtoruuvi siirtää hakkeen hakesäiliöstä tulipesään, jossa hake palaa ja lämmitää putkistossa olevan veden haluttuun lämpötilaan. Vesi siirtyy vesikiertopumpuilla maassa olevaan lämpökanaalia pitkin konehallin lattialämmityspotkistoon, joka lämmittää konehallin.

Tässä on tarkoitus tutkia, miten konehallin sähkötehontarve muuttuisi, jos käytettäisiin suoraa sähkölämmitystä.

Konehallin sähkölämmityksen voisi toteuttaa lattialämmityksellä ja lisäksi asentaa ikkunoiden alle sähköpatterit. Deviflex 18T lattialämmityskaapelin saa 170 metrin pituisena ja sen teho on 3,05 kW. Näitä täytyisi asentaa halliin kolme. Asennus tapahtuu kiinnittämällä kaapeli lattiavalussa olevien verkkojen päälle. Konehallissa on kahdeksan ikkunaa ja jokaisen alle täytyisi asentaa 1,6 kW tehoiset patterit. Tällä saavutettaisiin talvella tarvittava lämmitysteho.

Laskelmien mukaan lämmityksen tehontarve konehallissa on noin 22 kW. Tämä laskettiin valmiin Excel-taulukon avulla, josta on kuvakaappauksia alla. Sääötöten asiantuntijan mukaan tehontarve olisi 22,5 kW, joten tämä myös tukee laskennan tulosta.

Laskelmiin tarvittiin rakennuksen U-arvoja eli lämmönläpäisykertoimet rakennuksen eri osista. Konehallin U-arvot (W/m^2K) ovat seuraavat: alapohja 0,16, yläpohja ja vesikatto 0,13, seinät 0,21, ikkunat ja ovet 1,5.

Konehallin lämpötila pidetään talvella noin +10 asteessa.

Taulukosta 5 nähdään erikseen huonelämmityksen tehontarve sekä ilmanvaihdesta aiheutuva lämmitystarve.

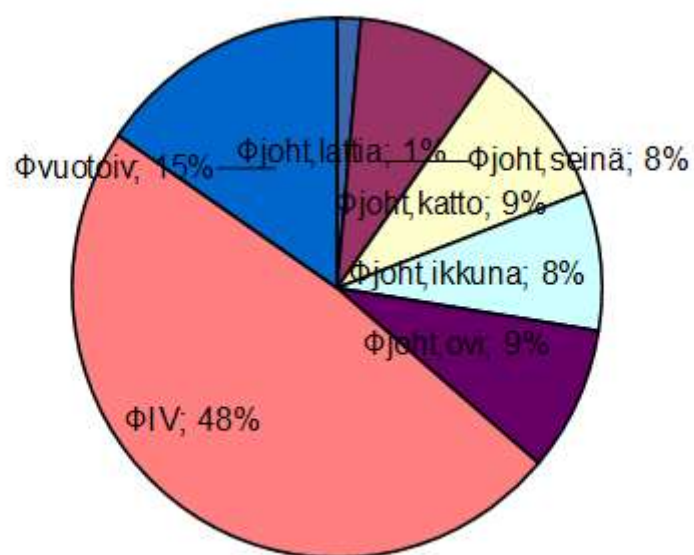
Taulukko 5. Lämmitykseen tarvittava teho

Huonelämmityksen tehontarve	$\Phi_{\text{ioht}} + \Phi_{\text{vuotoiv}} + \Phi_{\text{IV,huone}}$	W	12490
Ilmanvaihdon lisälämmityspatterin tehontarve	$\Phi_{\text{IV,kone}}$		9250

Taulukosta 6 nähdään huonelämmityksen tehontarve sekä neliötä että kuutiota kohden. Lisäksi on eritelty eri rakenteista aiheutuvat lämpöhäviöt. Lopussa on kerrottu tehontarve kokonaisuudessaan sekä neliötä että kuutiota kohden. Kuvi-
ossa 1 on selkeytetty eri raketeista aiheutuvia lämpöhäviötä. Nähdään että ilman-
vaihdosta aiheutuu suurimmat lämpöhäviöt.

Taulukko 6. Eri rakenteiden lämpöhäviöt

57	Koko rakennus	12490 W
58		
59	Φ/V_{kok}	8,33 W/m ³
60	Φ/A_{kok}	41,63 W/m ²
61	V_{kok}	1500 m ³
62	A_{kok}	300 m ²
63		
64		Φ [W]
65	$\Phi_{\text{joht,lattia}}$	312 W
66	$\Phi_{\text{joht,seinä}}$	1847 W
67	$\Phi_{\text{joht,katto}}$	2016 W
68	$\Phi_{\text{joht,ikkuna}}$	1814 W
69	$\Phi_{\text{joht,ovi}}$	1890 W
70	Φ_{IV}	10500 W
71	Φ_{vuotoiv}	3360 W
72	Koko rakennus yht.	21740 W
73		
74	Φ/V_{kok}	14,49 W/m ³
75	Φ/A_{kok}	72,47 W/m ²
76	V_{kok}	1500 m ³
77	A_{kok}	300 m ²
78		



Kuvio 1. Lämpöhäviöt eri rakenteissa

3.1 Lämmityksen vaikutus sähköistykseen

Konehallin nykyisellä ratkaisulla 35 A:n pääsulake riittää, kun huipputeho on 20 kW. Lasketaan miten lämmitys vaikuttaisi näihin, jos olisi suora sähkölämmitys. Huipputeho nousisi 20 kW:stä noin 43 kilowattiin. Lasketaan mitoitusvirta kaavalla 1.

$$I_{\max} = 43\text{kW} / (\sqrt{3} * 0,4 * 0,9) = 68,9 \text{ A}$$

Seuraava suurempi sulake koko olisi 80 A, joka on iso muutos nykyiseen 35 A:n sulakkeeseen. Syöttöjohtoon tämä ei vaikuttaisi koska konehalliin tulee AXMK 4*35 kaapeli.

Oulun energian sähköliittymähinnastossa 3*35 A liittymä maksaa 1488 € ja liittymän perusmaksu 60 €/v, kun taas 3*80 A maksaa 2874 € ja liittymän perusmaksu 537 €/v. Hinnat ovat ALV 0%.

3.2 Lämmityskustannukset

Konehallin arvioitu lämmityksen vuosittainen tarve on noin 40 tkW. Tästä voidaan laskea vuositasolla lämmityskustannukset, kun on tiedossa sähkön ja hakkeen hinta. Sähkönhinta on kokonaisuudessaan 12 senttiä/kWh, joten sähkölämmitys tulisi maksamaan 5000 euroa vuodessa. Hake maksaa 2,5 senttiä/kW, joten se maksaa 1000 euroa vuodessa.

Vuositasolla lämmityskustannuksien ero on huimat 4000 euroa. Tämä ei tietenkään kerro aivan koko totuutta. Hakekeskusta täytyy huoltaa säännöllisesti ja se vaatii päivittäisiä rutiineja, kuten tulipesän putsaus, hakkeen määrän tarkistus ja mahdollinen hakkeen lisääminen.



Kuvio 2. Lämmityskustannukset pitemmällä aikavälillä

Kuviosta 2 nähdään, kuinka suuret lämmityskustannukset olisivat suoralla sähkölämmityksellä verrattuna hakelämmitykseen tällaisessa kohteessa.

4 SÄHKÖASENNUKSET

Sähköasennukset aloitettiin asentamalla maadoituselektrodin. 30 m pitkä 16 mm² paljas kuparijohdin asennettiin maahan lämpökanaalikaivantoon, joka kulkee lat-
tiavalussa olevia verkkoja pitkin potentiaalintasauskiskoon. Tämä täyttää SFS
6000-5-54 pykälässä olevat vaatimukset.

Pohjatöiden yhteydessä konehalliin tuotiin syöttökaapeli AXMK 4x35. Syöttökaa-
peli on entinen maatilän liittymiskaapeli, joka tuli AMKA-ilmajohtona pylväälle ton-
tin nurkalle ja siitä AXMK 4x35 kaapelilla maata pitkin sähköpääkeskukseen.
Maatilan laajentumisen myötä sähköyhtiö on tuonut uuden ja suuremman liitty-
miskaapelin maatilän sähköpääkeskukselle. Konehalli sijaitsee lähellä maassa
menevää käytöstä poistettua liittymiskaapelia, joten se kaivettiin esiin ja jatkettiin
konehallille syöttökaapeliksi. (Kuva 2).



Kuva 2. Syöttökaapelin jatkaminen ja konehalliin vienti suojaputkessa

Sähkökeskus asennettiin syöttökaapelin kohdalle seinälle 1,7m korkeuteen. (Kuva 3). Keskuskaavio liitteessä 2. Kuvassa 4 konehalli rakennusvaiheessa.



Kuva 3. Sähkökeskuksen väliaikainen kiinnitys



Kuva 4. Konehalli rakennusvaiheessa

Sähköasennukset tehdään liitteiden 1, 2, 3 ja 4 mukaan.

Asennukset tehdään pinta- ja uppoasennuksina. Pistorasiajohdotukset tehdään pinta-asennuksina, jossa johdot kiinnitetään naulakiinnikkeillä seinään. Valaisuksen johdotukset viedään katossa levyn ja höyrynsulkumuovin välissä, jossa on 20 mm koolaus. Johdotus tapahtuu erikokoisilla MMJ kaapeleilla.

Ulos tulevien sähköpisteiden johtoreiteissä tulee ottaa huomioon ulkoseinissä ja katossa olevan höyrynsulkumuovin läpäiseminen. Läpiviennistä pitää saada ilmatiivis. Tämä toteutetaan viemällä johto ohuessa muoviputkessa (JM20) höyrynsulkumuovin ja seinän tai katon lävitse. Läpivientipaikka teipataan asiaankuuluvalle teipillä tiiviiksi. Putkeen jäävä ilmatila eristetään sähkökitillä.

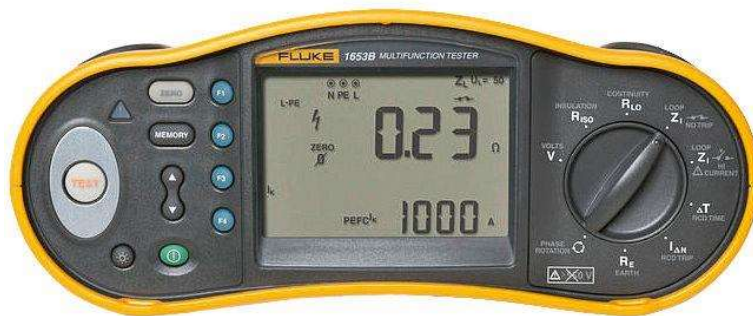
Konehallin kylmäntilan sähköistys vedetään välikattoa pitkin, jolloin höyrynsulkumuovia ei tarvitse läpäistä kuin keskuksen yläpuolelta katon läpiviennistä.

5 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS

Ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa on tarkastettava, että laitteisto on määräysten mukainen ja siten turvallinen. Sähkölaitteistolle on tehtävä käyttöönottotarkastus, jossa riittävässä laajuudessa selvitetään, ettei sähkölaitteistosta aiheudu sähkötuovallisuuslain 6 §:ssa tarkoitettua vaaraa tai häiriötä. Sähköturvallisuuteen liittyvät tarkastukset on yksilöity tarkasti standardin SFS 6000 osassa 6. Tämä varmistetaan aistinvaraisentarkistuksen lisäksi mittauksilla ja toiminnallisilla kokeilla. Aistinvaraista tarkastusta tehdään koko asennustyön ajan. Mittaukset ja testaukset tehdään asennustyön loppuvaiheessa. (Tiainen 2017, 343-344)

Mittaukset ja testaukset mitä tässä projektissa tulee tehdä ovat suojamaan jatkuvuus, eristysresistanssin mittaus, oikosulkuvirran mittaus, vikavirtasuojan toiminnan testaus ja kiertosuunnan tarkistus.

Tässä projektissa käytetään Fluke 1653B käyttöönottomittauksiin soveltuvaa sähköasennustesteriä (Kuva 5), jolla voidaan mitata kaikki tarvittavat mittaukset.



Kuva 5. Käyttöönottomittauksessa käytettävä asennustesteri

5.1 Aistinvarainen tarkistus

Aistinvarainen tarkastus tehdään ennen mittauksia yleensä jännitteettömässä laitteistossa. Käytännössä aistinvaraista tarkastusta tehdään koko asennustyön ajan ja havaitut puutteet korjataan työn edistyessä ja viimeistään ennen laitteiston käyttöönottoa. Esimerkiksi piiloon jäävät asennukset tarkastetaan ennen niiden peittämistä. (Tiainen 2017, 343.)

Aistinvaraisessa tarkastuksessa tarkastetaan, mitä tulee seurattua ovat johtorei-
tit, johdinliitosten pitävyys, sähköisten osien suojaus, johtimien oikeat tunnuks²
et, kohteeseen sopivat kalusteet ja sähkölaitteistojen vaatima tila.

SFS 6000-6:n mukaan aistinvaraiseen tarkastukseen pitää sisältyä vähintään
seuraavien kohtien tarkastaminen:

- ” a) sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät
- b) palosuojauksien käyttö ja toimenpiteet lämpövaikutuksilta suojaamiseksi sekä
palon leviämisen estämiseksi tehdyt toimenpiteet
- c) johtimien valinta kuormitettavuuden ja sallitun jännitteenaleneman kannalta
- d) suoja- ja valvontalaitteiden valinta ja asettelu
- e) erotus- ja kytkentälaitteiden valinta ja oikea sijoitus
- f) sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen
mukaan
- g) nolla- ja suojajohtimien oikeat tunnuks²
et
- h) yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin
- i) piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo
- j) virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus
- k) johtimien liitosten sopivuus
- l) suojajohtimien, mukaan luettuna suojaavien potentiaalintasausjohtimien ja lisä-
potentiaalintasausjohtimien olemassa olo ja sopivuus
- m) sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila
(SFS 6000-6).”

Lista on aika pitkä ja kattava, mutta kokenut sähköasentaja tekee nämä havain-
not automaattisesti sähkötöitä tehdessään.

5.2 Käyttöönottomittaukset

Käyttöönottomittauksilla täydennetään aistinvaraisia tarkistuksia. Mittausten
avulla varmistetaan, että suojausjärjestelmät toimivat. Tärkeää on myös selvittää,
ettei jännitettä ole virhekytkentöjen takia sellaisissa osissa, joissa sitä ei saa olla:
esimerkiksi potentiaalintasatuissa osissa tai suojamaa pistorasioiden maadoitus-
liuskoissa. (Tiainen 2017, 349)

5.2.1 Suojajohtimen jatkuvuus

Mittauksen tarkoituksena on selvittää, että vikasuojauksen edellyttämät suojajohdinpiirit ovat koko matkaltaan jatkuvia eli niiden liitokset on tehty kunnolla. Testauksessa selvitetään mittaamalla jännitteelle alttiin osan esimerkiksi pistorasian suojakoskettimen ja sitä lähinnä olevan pääpotentialintasaukseen liitetyn pisteen välinen suojajohtimen resistanssi. Olennaista on, että jokainen suojajohdinyhteys mitataan ja että mittaus tehdään laitekohtaisesti. Hyväksyttävälle mittaus tulokselle ei ole mitään tarkkaa raja-arvoa. Saatua arvoa täytyy verrata johtimen poikkipinnan ja pituuden perusteella. (Tiainen 2017, 350).

Mittalaitestandardin mukaan mittauksessa käytettävä jännite on kuormittamattomana oltava 4 - 24 V tasa- tai vaihtojännitettä ja minimimittausvirta on 200 mA. (Tiainen 2017, 350.)

Tässä projektissa resistanssi arvot pitäisi jäädä alle yhden ohmin. Mikäli resistanssi arvo on suurempi, syy voi olla huonossa liitoksessa tai kytkentävirheessä. Harmittavan yleinen virhe on kytkeä nolla ja suojajohdin ristiin.

Suojajohtimen jatkuvuusmittaus aloitettiin irrottamalla nollajohdin suojajohdin piiristä, jotta varmistetaan, että mitattava johto on oikea. Mittaukset lähdettiin tekemään pääpotentialitasauskiskosta ja siirryttiin järjestelmällisesti kauemmas mittaamalla jokaisen liitospisteen.

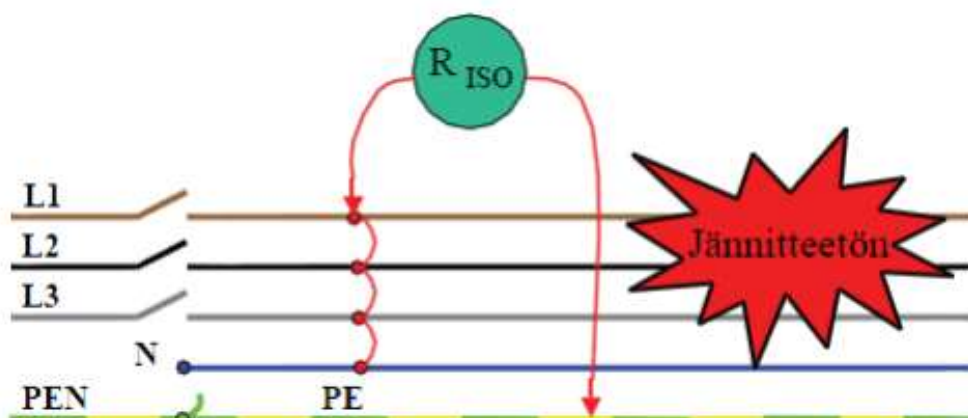
5.2.2 Eristysresistanssin mittaus

Eristysresistanssimittauksella varmistetaan, että jännitteiset osat (vaiheet + nolla) ovat riittävästi eristettyjä maasta. Mittaus tehdään ennen laitteiston käyttöönottoa jännitteettömässä asennuksessa. Kulutuskojeiden ei tarvitse olla mittauksen aikana kytkettyinä verkkoon. (Tiainen 2017, 352.)

Jos kytkennät sisältävät kontaktorin tai vastaavan laitteen, joka erottaa virtapiiriin, on sen jälkeinen piiri mitattava erikseen. Mittauksia suoritettaessa on varottava vaurioittamasta mitattavissa piireissä olevia elektronisia laitteita (esimerkiksi elektroninen termostaatti). (Tiainen 2017, 352.)

Pienissä kohteissa, kuten tämä projekti, mittaus voidaan tehdä yhdellä mittauksella. Keskuksesta yhdistetään kaikki kolme vaihejohtinta ja nollajohdin yhteen, suojajohdin on erillään muista. Mittauksessa tulee muistaa kytkeä kaikki kytkimet ja johdonsuojakatkaisijat päälle, jotta mittaus kattaisi kaikki virtapiirit.

Alle olevassa kuvassa 6 esitetty mittaustapahtuma. Koestusjännitteenä käytetään 500 V:n tasajännitettä. Mittaustuloksen tulee olla vähintään 1 M Ω .



Kuva 6. Eristysresistanssin mittaus

5.2.3 Syötön automaattisen poiskytkennän mittaus

Vikasuojauksen toimivuuden varmistaminen edellyttää syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan tarkastamista. Tämä voidaan tehdä mittaamalla pienin oikosulkuvirta vaiheen ja suojajohtimen välisessä viassa. Vaihtoehtoisesti voidaan tarkastaa asia suunnitteludokumentteihin liittyvistä suojauslaskelmista ja todeta asennuksen toteutuksen vastaavan suunnitelmia. Tässäkin tapauksessa on syytä tehdä vähintään kontrollimittauksia suojauslaskelmien oikeellisuuden tarkastamiseksi. Mikäli vikasuojaus on toteutettu vikavirtasuojalla, täytyy vikavirtasuojan toiminta tarkastaa. Tällöin ei vaadita oikosulkuvirran selvittämistä. (Tiainen 2017, 356). Alla olevassa taulukossa pienimmät johdonsuojakatkaisijoiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot. (Tiainen 2017, 93)

Taulukko 7. pienimmät Johdonsuojakatkaisijoiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot

Nimellis- virta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	K ja G- tyypit 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
16	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

Tässä projektissa on 10 A:n ja 25 A:n kokoisia johdonsuojakatkaisijoita ilman vikavirtasuojaa, joten ne täytyy mitata ja varmistaa riittävä oikosulkuvirta. 10 A:n johdonsuojakatkaisijalla täytyy olla 125 A mitattu oikosulkuvirta ja 25 A:n suojalla 312,5 A mitattu arvo.

5.2.4 Vikavirtasuojan toiminnan testaus

Vikavirtasuojan toiminta on varmistettava testaamalla se ensin testipainikkeella. Lisäksi testataan, ettei vikavirtasuojan toimintavirta ylitä laitteen nimellistoimintavirtaa. Mittaustapoja on useita. Suositeltavin tapa on mitata vikavirtasuojan todellinen toimintavirta nousevalla vikavirralla. Vikavirtasuojan toiminta-aika suositellaan myös mitattavaksi. (Tiainen 2017, 357).

Tässä projektissa mittauksessa käytetään nousevaa vikavirtaa, sekä mitataan toiminta aika. Mittaustuloksien tulee olla seuraavat: vikavirta alle 30 mA, toiminta-aika maksimissaan 0,4 sekuntia.

5.2.5 Kiertosuunnan mittaus

Kiertosuunta eli vaiheiden oikea järjestys mitataan, jotta varmistetaan 3-vaihelaitteiden toiminta. Virheellinen kiertosuunta voi vahingoittaa 3-vaihelaitteita. Mittaus suoritetaan keskuksesta ja 3-vaihepistorasioista.

5.2.6 Käyttöönottotarkastuksen dokumentointi

Käyttöönottotarkastuksesta tulee laatia sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja. Siitä tulee käydä ilmi kohteen tiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testausten tulokset. Tarkastuspöytäkirjaan tulee merkitä mittauksissa ainakin seuraavat tiedot:

- eristysresistanssin kaikki mittaustulokset
- silmukkaimpedanssin eli oikosulkuvirran heikoin mittaustulos
- vikavirtasuojien mittaustulokset
- jatkuvuusmittauksissa vaatimusten toteutuminen keskuskohtaisesti
- kiertosuunta keskuskohtaisesti

Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja. (Tiainen 2017, 359.)

Käyttöönottomittauksista laaditaan liitteessä 4 oleva käyttöönottopöytäkirja. (Sähkötieto ry 2017)

6 DOKUMENTOINTI

Sähköasennusten dokumentoinnin tarkoituksena on varmistaa kohteen turvallisuus, sekä kertoa, mitä on tehty ja miten. Dokumentit eivät saa olla tulkinnan varaisia ja niiden tulee noudattaa standardeja. Tämä helpottaa myös tulevaisuudessa tarvittavia huolto-, saneeraus- ja muutostöitä. (Tiainen 2017)

Dokumentointiin on useita standardeja ja ne löytyvät SFS 600:sta. Standardissa SFS 6000-1 kohdassa 132.13. sanotaan, että jokaisesta sähköasennuksesta on oltava tarpeelliset dokumentit.

Sähköasennusten dokumentointiin on käytettävä kaavioita, piirustuksia ja taulukoita, joista ilmenevät erityisesti seuraavat tiedot: virtapiirien laji ja rakenne (kulutuspisteiden sijainti, johtimien lukumäärä ja koko, johtolaji, johtojen tyypit) sekä tiedot, joiden avulla suoja-, kytkin- ja erotuslaitteiden ominaisuudet ja niiden sijainti voidaan tunnistaa. Nämä asiat liittyvät pääkaavioihin ja käyttöönottopöytäkirjoihin. (SFS 600-1-1. 2017.)

Sähkösuunnittelussa tulee ottaa huomioon johtimien ja lukumäärien merkinnät. Tämä pätee myös sähköasennusdokumenttien ajankohtaistamisessa. Puutteelliset johdinmerkinnät sekä ryhmämerkinnät tulee merkitä suunnitelmiin. (SFS 6000-1. 2017, 132.2.)

Standardin SFS 6000-1 kohdassa 134.2 vaaditaan sähköasennuksilta käyttöönottotarkastusta, jotta ne voidaan ottaa käyttöön. Myös SFS 6000-6:n mukaisesti sähkölaitteet tulee tarkastaa ennen käyttöönottoa. Tämä kirjataan käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan, joka liitetään loppudokumentteihin. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja on virallinen, allekirjoitettu dokumentti joka suojaa asiakasta sekä urakoitsijaa mahdollisilta ongelmilta. Pöytäkirjalla todistetaan viranomaiselle käyttöönoton piiriin kuuluneet alueet ja niiden mittaushetkellä kirjatut virta- sekä aika-arvot.

Sähkölaiteistosta on oltava käytettävissä ajan tasalla olevat piirustukset ja asiakirjat. (SFS 6002. 2015, 4.7.)

6.1 Suunnitteludokumentointi

Opinnäytetyön kohteen suunnitteluvaiheen dokumentteihin kuuluu asemapiirros, jossa esitetään

- pääkeskuksien sijainnit
- maa- tai ilmakaapelireitit ja niiden tyypit

Pohjapiirustus, jossa esitetään

- sähköpisteet
- kaapelireitit ja kaapelityyppi

Keskuskuvat, jossa esitetään

- pääkaavio
- piirikaavio
- kokoonpanopiirustus
- keskuksen kojeluettelo

Järjestelmäkaaviot, jossa esitetään

- maadoituskaavio
- nousujohtokaavio
- turvajärjestelmät
- tele- ja tietojärjestelmät

Valaisinluettelo, johon listataan kaikki kohteen valaisimet ja niiden tiedot. (Sähköala 2008).

6.2 Loppudokumentointi

Loppudokumentointi sisältää kaiken oleellisen asian kohteeseen asennetuista järjestelmistä sekä kokonaisuuksista. Loppudokumentointi pohjautuvat yleensä aikaisempiin dokumentteihin, suunnitelmiin sekä asiakirjoihin, joiden pohjalta kohde on tehty. Loppudokumenteissa on täydennetyt ja todelliset versiot suunnitteluvaiheessa tehdyistä dokumenteista. Tarkoitus on välittää toimittajan asennuksista oleva tieto asiakkaalle selkeässä hyvin jaotellussa muodossa. Lisäksi loppudokumentteihin kuuluu käyttöönottomittauspöytäkirja, joka löytyy liitteestä 6 ja josta edellä on jo mainittu. (SFS 600-1-1. 2017.)

7 HUOLTO- JA KUNNOSPITO

Konehallin sähköasennusten huolto- ja kunnossapitoon kuuluu ensisijaisesti silmäääräinen tarkkailu. Sähköpisteiden, etenkin pistorasioiden mekaaninen rasitus on suurin vaaratekijä. Jotta sähköpisteet ja johtoreitit pysyy kunnossa ja turvallisina, täytyy ne tarkastaa vuosittain.

Valaistustehon ylläpitäminen vaatii valaisimien putsausta pölystä ja muusta mahdollisesta liasta tietyin väliajoin. Valaisimien käyttöikä on 50000h, joten niitä ei ihan heti tarvitse vaihtaa.

Sähkökeskuksessa on vikavirtasuojakytkin, joka täytyy testata kuukausittain painamalla siinä olevaa testipainiketta. Jos ja kun vikavirtasuoja on ehjä, se laukeaa ja tämän jälkeen pitää kääntää vikavirtasuojassa oleva vipukytkin takaisin ON-asentoon. (Tiainen 2017.)

8 POHDINTA

Työ oli mielenkiintoinen ja antoisa. Tavoitteena oli saada aikaan järkevät sähköteknilliset ratkaisut uuteen konehalliin, joka on tarkoitettu maataloudessa tarvittavien koneiden ja laitteiden varastointiin ja huoltoon. Henkilökohtaisena tavoitteena oli kehittää sähkötekniistä tietotaitoosaamistani. Tältä osin tavoitteet täyttyivät.

Valaistuslaskentaohjelmat helpottavat huomattavasta valaistuksen suunnittelua ja 3D kuvat mahdollistavat ratkaisun lopputuloksen näkemisen jo suunnitteluvaiheessa, jolloin yllätyksiä ei pääse tulemaan.

Lämmityksen tehovertailusta saa hyvän käsityksen lämmityksen energiankulutuksesta täällä pohjoisessa. Rakennukset täytyy tehdä kestävänsä ankaraa talvea, jotka samalla suojaavat ihmisiä, eläimiä ja tarvittavia laitteita epämieluisilta sekä kestäättömiltä olosuhteilta. Rakentaminen sekä lämmitystapojen suunnittelu on hieman helpompaa päiväntasaajan lähetyillä.

LÄHTEET

AM Security Oy 2012. Kameravalvonta. Viitattu 19.5.2018. <https://www.amsecurity.fi/fi/toimitilaturvallisuus/videovalvonta>

SFS-käsikirja 600. 2007. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. Helsinki: SFS.

SFS-käsikirja 600-1-1. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-1: Yleisvaatimukset. Helsinki: SFS.

SFS-käsikirja 600-1-2. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-2: Erikoistilojen ja täydentävät vaatimukset. Helsinki: SFS.

SFS-käsikirja 6002. 2015. Sähkötyöturvallisuus. Helsinki: SFS.

ST-kortti 53.21. 2018. Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset. Sähkötieto ry.

ST-kortti 51.21.06. 2017. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja ryhmäjohtotason sähköasennuksille. Sähkötieto ry.

ST-kortti 13.31. 2015. Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Sähkötieto ry.

ST-kortti 51.22. 2013. Kytkimien, pistorasioiden yms. sijoitus. Sähkötieto ry.

Suomen Valoteknillinen Seura 1986. Julkaisu nro 9 / 1986

Sähköala.fi 2008. Dokumentointivaatimukset selkiytyvät. Viitattu 1.5.2018. http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/saadokset_ja_maaraykset/fi_FI/dokumentointi/

Sähköala.fi 2018. Yleiskaapelointijärjestelmät. Viitattu 19.5.2018. http://www.sahkoala.fi/kiinteistoala/tietoliikenneverkot/fi_FI/yleiskaapelointi/

Sätköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135.

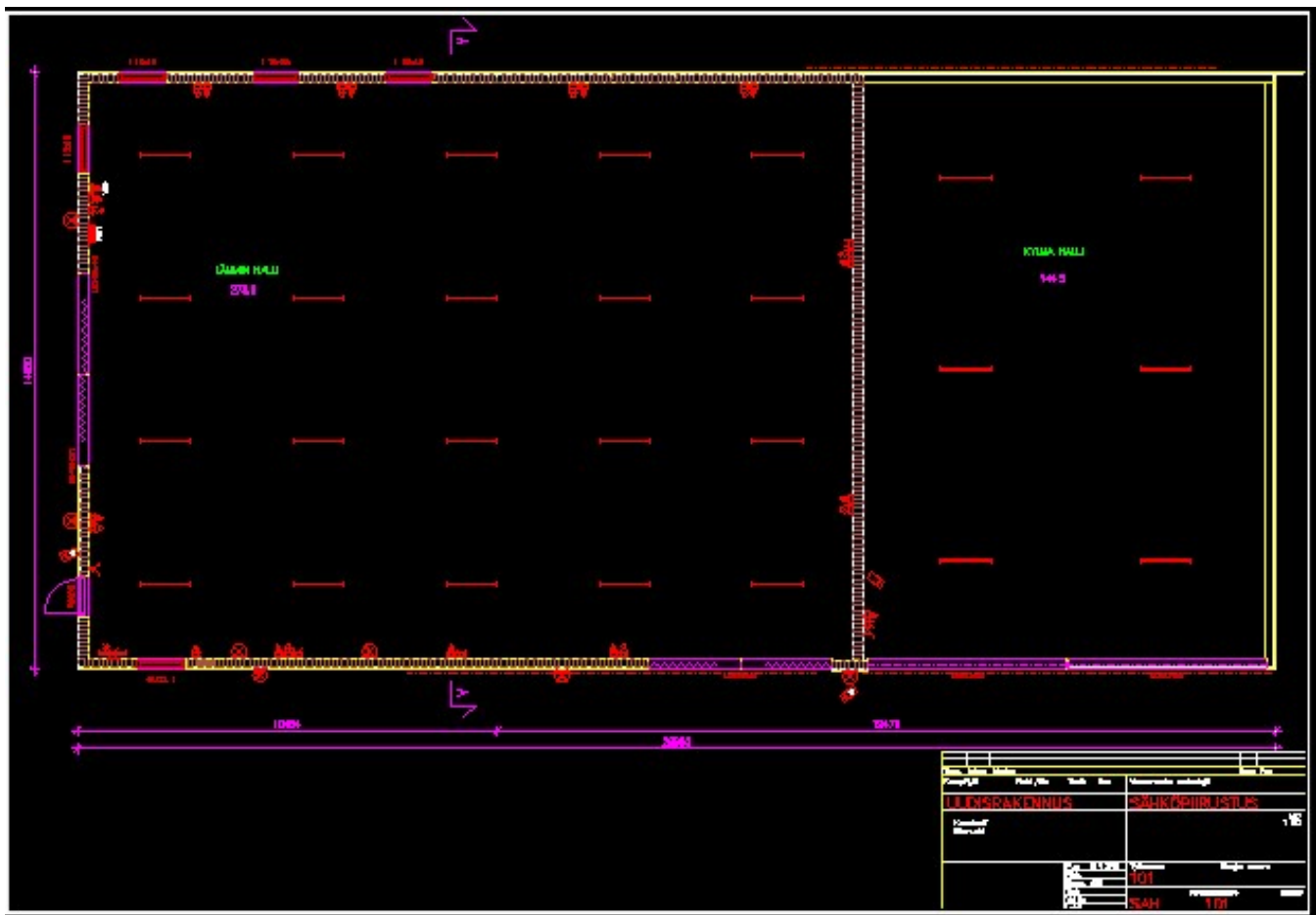
Tiainen, E. 2017. D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.

Verisure Oy 2018. Hälytysjärjestelmät. Viitattu 19.5.2018. <https://www.verisure.fi/>

LIITTEET

- Liite 1. Asennuspiirustus
- Liite 2. Keskuskaavio
- Liite 3. Valaistuksen johdotus
- Liite 4. Pistorasioiden johdotus
- Liite 5. Valaistuslaskennan yhteenveto
- Liite 6. Käyttöönottomittauspöytäkirja

Liite 1 Asennuspiirustus



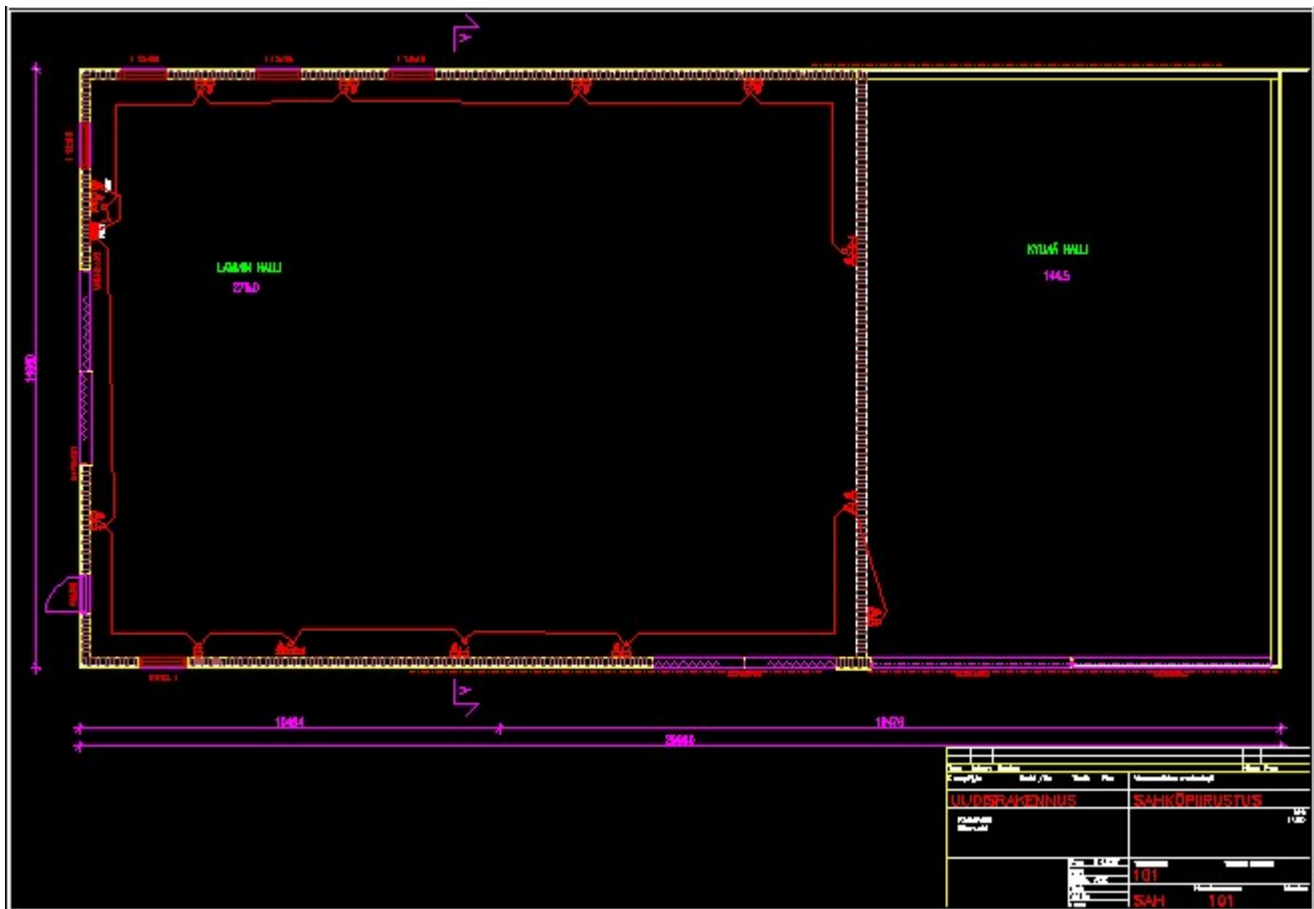
Liite 2 keskuskaavio

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
	KESKUS							RYHMÄ	OSOITE					A/A	JOHDOTUS				
D muutos E muutos F muutos								PK	Pääkytkin					40					A
																			B
																			C
								1.1	Valaistus lämmintila					10	MMJ 3x1,5S				D
								1.2	Valaistus kylmätila + huippumurit					10	MMJ 3x1,5S				E
								1.3	Ulkovaalaistus					10	MMJ 3x1,5S				F
								2.1	3-vaihe PR Länsi					16	MMJ 5x2,5S				G
								2.2	3-vaihe PR Länsi					16	MMJ 5x2,5S				H
								2.3	3-vaihe PR Länsi					16	MMJ 5x2,5S				I
								3.1	3-vaihe PR Itä					16	MMJ 5x2,5S				J
								3.2	3-vaihe PR Itä					16	MMJ 5x2,5S				K
								3.3	3-vaihe PR Itä					16	MMJ 5x2,5S				L
								4.1	Plasmaleikkuri					25	MMJ 5*6S				
								4.2	Plasmaleikkuri					25	MMJ 5*6S				
								4.3	Plasmaleikkuri					25	MMJ 5*6S				

Liite 3 Valaistuksen johdotus



Liite 4 Pistorasioiden johdotus

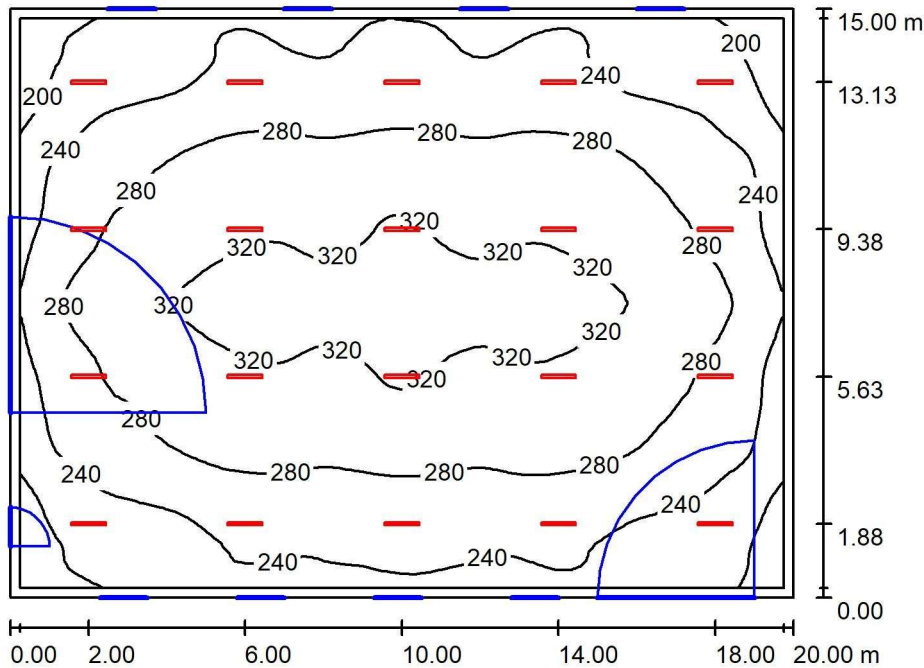


Liite 5 valaistuslaskennan yhteenveto



Konehalli

Lämmintila / Yhteenveto



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava

1:193

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	271	169	345	0.623
Lattia	20	251	153	326	0.612
Katto	70	75	56	363	0.755
Seinät (4)	50	161	75	356	/

Käyttötaso:**UGR**

Pitkittäin-

Poikittain

Valaisimen keskiviivaan

Korkeus: 0.850 m
 Rasteri: 64 x 64 Pisteet
 Reuna-alue: 0.250 m

Vasen seinä 26
 Alempi seinä 26
 (CIE, SHR = 0.25.)

27
 27

Niiden pisteiden osuus, joiden valaistusvoimakkuus alle 400 lx (IEQ-7:ää varten): 100.00%.

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	\square (Valaisin) [lm]	\square (Lamput) [lm]	P [W]
1	20	ENSTO TN2234WBC Teollisuusvalaisimet (1.000)	6003	6003	41.0
Yhteensä: 120060			820.0		

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $2.73 \text{ W/m}^2 = 1.01 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 300.00 m^2)

Liite 6 1(3) Mittauspöytäkirja



ST 51.21.06

1 (3)

**KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA
RYHMÄJOHTOTASON SÄHKÖASENNUKSILLE**

Pöytäkirjan nro.	Käyttöönottotarkastus:		Mikä?
	Mu.		

PERUSTIEDOT

Sähkölaitteiston rakentaja	Yritys		
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipiste
Sähkölaitteiston rakentajan yhteysthenkilö	Nimi	Puhelinnumero	
	Sähköpostiosoite		
Sähkötilin johtaja	Nimi	Puhelinnumero	
	Sähköpostiosoite		
Kohteen tiedot	Työnumero	Nimi	
	Kohteen yksiköinti		
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipiste
Tilaaaja yritys	Nimi		
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipiste
Tilaaajan yhteysthenkilö	Nimi	Puhelinnumero	
	Sähköpostiosoite		

1. AISTINVARAINEN TARKASTUSAsennukset on aistinvaraisesti suoritettu tarkastuksessa todettu vastimusten mukaisiksi ☐

Lisätietoja

2. SUOJAJOHTIMIEN JATKUVUUS (PE-, PEN-, maadoitus-, pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimet)Todettu kaikista laitteista ja pistotusosista ☐

Suurin resistenssi _____ Ω, riittävästi _____

Jatkuvuus todettu vastimusten mukaisiksi ☐

Lisätietoja

Liite 6 2(3) Mittauspöytäkirja

ST 51.21.06

2 (3)

3. ERISTYSRESISTANSSI

Kohde	Ryhmä nro	$R_{0}/M\Omega$	Huom

Eristysresistanssi toteutettu vaatimusten mukaisesti ☐ PE- ja N-johdinten yhdistys on peitetty mittausten jälkeen eristyskaijalla ☐

Eristystoimenpiteet mittausten suorittamiseksi:

Lisätietoja:

4. SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ

	I_k (A)	Z_s (Ω)	Suojalaite	I_{nA} (suojalaite)
Keskus				
Epäedullisin piste (0,4 s)				
Epäedullisin piste (5,0 s)				

Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedenssiarvot saatu mittaamalla ☐ Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedenssiarvot saatu laskemalla ☐Saadut arvot ovat standardin vaatimusten mukaiset ☐ V suojaus on toteutettu vikavirtasuojalla ☐

Lisätietoja:

Vikavirtasuojat

Tyyppi ja käyttötarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo / mitattu arvo		Painike- testaus
		I_{nB}	I_{nN}	
				<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>

Toiminnot toteutettu standardin vaatimusten mukaisesti ☐ Käyttötarkoitus: VS = vikasuojaus, LS = lisäsuojaus, PS = palosuojaus

Lisätietoja:

5. KIERTOSUUNNAN TARKASTUS

3-vaihepiiriosat ☐ Ei sisälly asennukseen ☐

6. TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT

Koneet ja laitteet ☐ Toiminnalliset kokonaisuudet ☐ Ei sisälly asennukseen ☐

7. JÄNNITTEENALENEMA

Suurin jännitteenalennema %

Saatu mittaamalla ☐ Saatu laskemalla ☐

8. EMC-SUOJAUS

Kohteessa on käytetty TN-S -järjestelmää ☐Maadoitukset ja potentiaalintasaukset on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti ☐Käapeleiden valinta, sijoitus ja asentaminen on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti ☐Laittevalinnassa on huomioitu asennusympäristön vaatimukset ☐Asennuksessa on noudatettu laitevalmistajan ohjeita ☐

Muuta, mitä?

Lisätietoja:

Sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuuslain 1136/2016 ja valtioneuvoston asetuksen (1436/2016) sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset ☐

Liite 6(3) Mittauspöytäkirja

ST 51.21.06

3 (3)

9. KÄYTTÖ-, HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO-OHJEET

Toimitettu tilaajalle ☐ Ei erillisiä ohjeita vaativia laitteita tai asennuksia ☐

10. KOHTEEN TOTEUTUKSESSA KÄYTETYT STANDARDIT

Toteutuksessa on käytetty standardikäsiä SFS 600-1-1 ja SFS 600-1-2

muuta, mikä?

Kaikki on toteutettu edellä mainittujen standardien vaatimusten mukaisesti toteutetuksi ☐

11. PALOVAROITTIMET

☐ Vakuutamme, että asennetut palovaroittimet täyttävät niille säässäissä ja määräykseä asetetut vaatimukset (pelastuslain laitelaki, asetus palovaroittimien teknisistä ominaisuuksista, sähköturvallisuussäädökset jne.) ja että ne on asennettu ac. suunnitelman mukaisesti.☐ Palovaroittimen käyttö- ja huolto-ohjeet on luovutettu.

Selitys kuinka palovaroittimien virran ja varavirran syöttö on toteutettu:

Lisätietoja:

☐ Palovaroittimien osalta on laadittu erillinen asennustodistus, jossa on mainittu edellä esitetyt asiat ja joka on tämän pöytäkirjan liitteenä.

12. TARKASTUKSEN TEKIJÄ(T)

Päiväys

Päiväys

Allekirjoitus ja nimen selvitys

Allekirjoitus ja nimen selvitys

Mittauksissa käytetyt mittalaitteet

13. LUOVUTUSMERKINTÄ

a) Käytön opastus ☐ Sovittu pidettäväksi pvm _____b) Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutettu liitteenä ☐

Liitteet:

c) Piirustukset ja muut dokumentit luovutettu ☐

Luettelo piirustuksista

ja dokumenteista:

Lisätietoja:

Päiväys

Allekirjoitus ja nimen selvitys

14. TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUITTAUS

Olen vastaanottanut kohdassa 13. Luovutusmerkintä, ilmoitetut suoritukset.

Pöytäkirja on säilytettävä ja tarvittaessa esitettävä koko sähkölaiteiston käyttöajan.

Päiväys

Allekirjoitus ja nimen selvitys

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan täyttöohje, ks. liite 1.
Mittauksissa tarvittavaa perustietoa, ks. liite 2.